ÉCOLE NATIONALE VÉTÉRINAIRE DE TOULOUSE

ANNÉE 1971 — N° 22

LE CHOU FOURRAGER DANS L'ALIMENTATION DES BOVINS

THÈSE

POUR LE DOCTORAT VÉTÉRINAIRE

Diplôme d'Etat

présentée et soutenue publiquement en Avril 1971

DEVANT

L'UNIVERSITÉ PAUL-SABATIER DE TOULOUSE

PAR

HELION (Bernard, Marie)

Né le 28 avril 1943 à Saint-Saulge (Nièvre)

Jury :

Président : M. ROUX, Prof. à l'Université Paul-Sabatier de Toulouse

Assesseurs M. FALIU, Professeur à l'École Nat. Vétérinaire de Toulouse
M. TOURNUT, Professeur à l'École Nat. Vétérinaire de Toulouse

IMPRIMERIE TOULOUSAINE V^ve^ LION
16, RUE LAKANAL, 16
TOULOUSE

1971

HELION (Bernard, Marie).

Le chou fourrager dans l'alimentation des bovins.

Toulouse, Imp. Toulousaine, 1971, in-8°, 56 pages.

Thèse Vétérinaire, Toulouse, 1971, n° 22.

HELION (Bernard, Marie).

Le chou fourrager dans l'alimentation des bovins.

Toulouse, Imp. Toulousaine, 1971, in-8°, 56 pages.

Thèse Vétérinaire, Toulouse, 1971, n° 22.

HELION (Bernard, Marie).

Le chou fourrager dans l'alimentation des bovins.

Toulouse, Imp. Toulousaine, 1971, in-8°, 56 pages.

Thèse Vétérinaire, Toulouse, 1971, n° 22.

HELION (Bernard, Marie).

Le chou fourrager dans l'alimentation des bovins.

Toulouse, Imp. Toulousaine, 1971, in-8°, 56 pages.

Thèse Vétérinaire, Toulouse, 1971, n° 22.

LE CHOU FOURRAGER
DANS L'ALIMENTATION DES BOVINS

Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41536520_0076

ÉCOLE NATIONALE VÉTÉRINAIRE DE TOULOUSE

ANNÉE 1971 N° 22

LE CHOU FOURRAGER DANS L'ALIMENTATION DES BOVINS

THÈSE

POUR LE DOCTORAT VÉTÉRINAIRE

Diplôme d'Etat

présentée et soutenue publiquement en Avril 1971

DEVANT

L'UNIVERSITÉ PAUL-SABATIER DE TOULOUSE

PAR

HELION (Bernard, Marie)

Né le 28 avril 1943 à Saint-Saulge (Nièvre)

Jury :

Président : M. ROUX, Prof. à l'Université Paul-Sabatier de Toulouse

Assesseurs M. FALIU, Professeur à l'École Nat. Vétérinaire de Toulouse

M. TOURNUT, Professeur à l'École Nat. Vétérinaire de Toulouse

IMPRIMERIE TOULOUSAINE Vve LION

16, RUE LAKANAL, 16

TOULOUSE

—

1971

ECOLE NATIONALE VÉTÉRINAIRE DE TOULOUSE

Directeur . . . . . MM. FLORIO.
Directeurs honoraires . . . . . PONS.
DARRASPEN.
Professeur honoraire . . . . . LOMBARD.

PERSONNEL ENSEIGNANT

Chaire de Pharmacie-Toxicologie.
— Professeur titulaire . . . . . GODFRAIN.
— Maître-Assistant . . . . . Mme BURGAT-SACAZE.
Pharmacie - Toxicologie.

Chaire de Physique-Chimie biologiques et médicales.
— Professeur titulaire . . . . . MM. RICO.
— Maître-Assistant Agrégé . . . . . LORGUE.
Physique biologique et médicale. Chimie biologique et médicale.

Chaire d'Anatomie des Animaux domestiques.
— Professeur titulaire . . . . . PAVAUX.
Anatomie descriptive. Extérieur. Anatomie appliquée. Tératologie.

Chaire de Physiologie - Thérapeutique.
— Professeur titulaire. . . . . RUCKEBUSCH.
— Maître-Assistant Agrégé . . . . . FARGEAS.
Physiologie - Thérapeutique - Pharmacodynamie.

Chaire d'Histologie - Anatomie pathologique.
— Professeur titulaire. . . . . VAN HAVERBEKE.
— Maître de Conférences non Chef de Service, Professeur sans chaire CABANIÉ.
Histologie - Embryologie - Anatomie pathologique.

Chaire d'Hygiène et Industrie des aliments d'origine animale.
— Professeur titulaire . . . . . LABIE.
— Maître-Assistant . . . . . EECKHOUTTE.
Hygiène, Inspection, Contrôle et Technologie des denrées alimentaires d'origine animale.

Chaire de Parasitologie et Maladies parasitaires.
— Professeur titulaire . . . . . BRIZARD.
— Maître-Assistant . . . . . DORCHIES.
Zoologie appliquée. Parasitol. externe. Parasitol. interne. Clinique.

Chaire de Sémiologie et Pathologie médicale des équidés et carnivores.
— Professeur titulaire . . . . . FLORIO.
— Maître de Conférences non Chef de Service, Professeur sans chaire LESCURE.
— Maître-Assistant . . . . . GUELFI.
Sémiologie et Pathologie médicale des équidés et des carnivores.
Législation vétérinaire et déontologie clinique.

Chaire de Pathologie médicale du Bétail et des Animaux de basse-cour.
— Professeur titulaire . . . . . TOURNUT.
— Maître de Conférences non Chef de Service, Professeur sans chaire ESPINASSE.
Sémiologie et Pathologie médicale du bétail et des animaux de basse-cour. Clinique. Clinique ambulatoire.

Chaire de Pathologie chirurgicale.
— Professeur titulaire . . . . . N...
— Maître de Conférences, Chef de Service. . . . . CAZIEUX.
Propédeutique et Sémiologie chirurgicale. Technique chirurgicale.
Pathologie chirurgicale. Podologie. Clinique.

Chaire de Pathologie de la Reproduction.
— Professeur titulaire . . . . . BERTHELON.
— Maître de Conférences non Chef de Service, Professeur sans chaire ROYAL.
Sémiologie et Propédeutique. Pathologie de la reproduction.
Obstétrique. Clinique.

Chaire de Maladies contagieuses. Zoonoses. Législation sanitaire.
— Professeur titulaire . . . . . SAURAT.
— Maître-Assistant . . . . . CHANTAL.
Maladies contagieuses. Zoonoses. Législation sanitaire.

Chaire de Pathologie générale. Microbiologie. Immunologie.
— Professeur titulaire . . . . . LAUTIÉ.
Microbiologie. Immunologie. Pathologie générale.

Chaire de Zootechnie et d'Economie rurale.
— Professeur titulaire . . . . . QUEINNEC.
— Maître-Assistant . . . . . DARRÉ.
Ethnologie. Génétique appliquée. Hygiène générale. Zootechnie.
Elevage. Economie générale et des productions animales.

Chaire d'Alimentation.
— Professeur titulaire . . . . . FALIU.
— Maître-Assistant Agrégé . . . . . GRIESS.
Botanique appliquée et Bromatologie. Agronomie. Alimentation.

COURS COMPLEMENTAIRES - CHARGES D'ENSEIGNEMENT

Antibiothérapie des Maladies infectieuses . . . . . MM. MONNIER.
Aspect médical des Zoonoses . . . . . ARMENGAUD.
Energétique . . . . . LABOUCHE.
Initiation à l'informatique biomédicale. . . . . FERNET.
Agronomie . . . . . COMBRET.
Métabolismes . . . . . RAYNAUD.

La Faculté et l'Ecole déclarent n'être pas responsables des opinions émises par les candidats.
(Délibération de la Faculté en date du 10 mai 1891 et du Conseil de l'Ecole en date du 13 juin 1924.)

UNIV. LEIDEN BIBL.

A MA MÈRE

En témoignage de profonde affection et de reconnaissance pour le dévouement dont elle a fait preuve.

A MON ÉPOUSE

Qu'elle trouve ici toute mon affection que sa présence à mon côté rend chaque jour plus profonde.

A Monsieur le Maitre de Recherche G. DU CREHU

Pour toute l'aide qu'il m'a apportée dans l'élaboration de cette thèse.

A NOTRE PRÉSIDENT DE THÈSE :

Monsieur le Professeur ROUX

Professeur à l'Université Paul-Sabatier de Toulouse.

Qui nous a fait le grand honneur d'accepter la présidence de cette thèse.

Hommage de respectueuse gratitude.

A NOTRE JURY DE THÈSE :

Monsieur le Professeur FALIU

Professeur à l'Ecole Nationale Vétérinaire de Toulouse.

Qui nous a fourni le sujet de notre thèse et nous a guidé dans l'élaboration de cette tâche.

Qu'il veuille trouver ici le témoignage d'une profonde reconnaissance pour le précieux enseignement qu'il nous a donné.

Monsieur le Professeur TOURNUT

Professeur à l'Ecole Nationale Vétérinaire de Toulouse.

Qui a accepté de faire partie de notre jury.

A TOUS NOS MAITRES
DE L'ÉCOLE DE TOULOUSE

INTRODUCTION

« Le chou fourrager est la seule espèce végétale capable d'assurer pendant une longue période de l'année, y compris l'hiver, une production abondante et continue de fourrage frais. »

C'est avec le ray-grass d'Italie, un des fourrages dont la production s'est accrue le plus dans de nombreuses exploitations à vocation laitière.

Au cours de l'hiver 1968-69, j'ai été amené à considérer, dans une région où le chou constitue une des bases de l'alimentation des bovins, les nombreux avantages que l'agriculteur en retire, malgré les troubles que le chou entraîne parfois.

D'autre part, « de nombreuses recherches axées sur la micropopulation du rumen et les phénomènes qu'elle engendre ont fait entrer la physiopathologie des estomacs dans une phase nouvelle. Actuellement, les affections qui ressortent d'une alimentation irrationnelle font même l'objet, de la part des cliniciens et des nutritionnistes, d'un véritable engouement ».

Ces raisons m'ont amené à consacrer à cette espèce végétale d'un grand intérêt, cette thèse où j'ai essayé de rassembler les connaissances actuelles concernant le chou fourrager.

Nous verrons d'abord quelle est l'importance du chou en France, les différentes populations qui constituent cette espèce, leur rendement, leur valeur alimentaire, les différents modes d'exploitation et de distribution, les troubles que sa consommation intensive risque de provoquer chez les animaux domestiques et plus particulièrement chez les bovins.

Chapitre premier

LE CHOU
SA VALEUR ALIMENTAIRE

A) Définition

Brassica oleracea L. variété *acephala* est une plante de la famille des Crucifères. C'est une herbacée à feuille isolée simple, ou décomposée sous la forme de lobes arrondis. Les fleurs sont hermaphrodites et constituées par quatre sépales libres, toujours disposées par deux sur deux verticilles, et par une corolle à quatre pétales. Ce sont des plantes bisannuelles allogames. Un mécanisme biochimique rend la fleur difficilement fécondable par son propre pollen pendant la période d'épanouissement des fleurs. Cette particularité explique l'hétérogénéité des variétés actuelles. Ce ne sont ni des lignées pures comme le blé ou l'orge, ni des hybrides simples ou doubles comme le maïs, mais des hybrides complexes.

B) Importance

A l'heure actuelle, cette culture se pratique surtout dans l'ouest et le centre-ouest :

— en Vendée : plus de 40 000 ha;

— en Loire-Atlantique : plus de 33 000 ha;

— en Morbihan : plus de 31 000 ha;
— en Maine-et-Loire, Ille-et-Vilaine, Deux-Sèvres et Côtes-du-Nord : plus de 20 000 ha.

Dans ces départements, le chou fourrager constitue avec le foin la base de l'alimentation hivernale des bovins. Il représente, en quantité, le tiers de la ration alimentaire.

C) Différentes variétés de chou fourrager

En France, elles résultent essentiellement de la sélection empirique locale. On reconnaît diverses « populations » correspondant à des types principaux :

— chou moellier,
— chou demi-moellier,
— chou feuillu,
— chou de type cavalier rouge,
— chou à tige ramifiée.

1. *Choux moelliers*

Ils sont caractérisés par une hypertrophie de la tige qui est remplie de moelle aqueuse peu lignifiée. Ils sont très digestibles, très productifs en fourrage frais, assez pauvres en matière sèche, sensibles au froid et à la pourriture bactérienne (en région humide). C'est un des types les plus cultivés dans l'ouest.

2. *Choux demi-moelliers*

Au moins aussi productifs que les moelliers et beaucoup moins sensibles au froid, ils ont la faveur des agriculteurs des Côtes-du-Nord. Ils ont une tige épaisse moyenne et de bonne digestibilité (variété proteor).

3. *Choux feuillus*

Ils ont une tige assez courte, épaisse et sont très appétents, mais sensibles au gel.

4. *Choux de type cavalier rouge* (caulet des Flandres)

Ce sont des choux à tige longue et grêle, à feuilles nombreuses et rouges. Très intéressants par leur résistance au froid, mais leur tige très ligneuse est peu digestible.

5. *Choux à tige ramifiée*

Ils ont un port buissonnant, mais une productivité et une résistance au froid moyennes.

D) Exigences

Climat :

Le chou fourrager est une plante des pays tempérés, le climat maritime doux et humide lui convient particulièrement.

Sol :

Il demande une terre à la fois siliceuse et argileuse, profonde, plutôt meuble et riche en matières organiques. Les sols humifères lui conviennent particulièrement bien, spécialement les défriches de vieilles prairies. Il est très exigent en potasse et en azote. Il est sensible aux carences en soufre et en magnésie.

E) Productivité

C'est parmi les moelliers et surtout les demi-moelliers que l'on trouve les variétés les plus productives, du moins en ce qui concerne les rendements maxima.

Il existe deux modes de culture du chou fourrager : le repiquage et le semis en place. Selon le mode de culture, l'époque de la récolte, la région, les rendements obtenus sont différents. Les chiffres que nous donne le tableau suivant ont été obtenus en 1967, au domaine de « La Harpe » à Rennes (I.N.R.A.).

Variétés	*Rendement* Fourrage frais T/ha	MS T/ha
Repiquage: récolte le 26 octobre.		
Moellier Celtic	99,6	8,50
Moellier Proteor	106,4	9,89
Cavalier rouge Cavarouge	77,9	8,37
Chou à tiges ramifiées Miljo	71,9	6,36
Chou feuillu Lacta	102,4	8,41
Semis direct: récolte le 17 octobre.		
Celtic	110,8	10,22
Proteor	105,8	10,67
Lacta	97,2	8,30
Cavarouge	73,6	8,02
Miljo	82,2	7,83

F) Méthodes de récolte

1. *Epoque*

Suivant les variétés et les méthodes employées, l'exploitation peut se faire du 15 septembre au mois de mars. En général, elle commence au mois d'octobre.

2. *Méthodes*

Elles sont au nombre de quatre :

— L'effeuillage manuel : il se pratique surtout en Vendée. Il peut accroître le rendement de 20 ou 30 % et donne un fourrage de bonne qualité. Il demande une main-d'œuvre nombreuse.

— Récolte de la plante entière: elle se pratique surtout dans tout le département de Loire-Atlantique et se fait au jour le jour. Elle demande une certaine main-d'œuvre et oblige au maintien de quelques chevaux en terrain humide.

— Récolte en une seule fois : elle se pratique en Angleterre à la fin de l'automne. Elle est suivie d'un ensilage, mais celui-ci n'a pas encore une qualité constante.

— La récolte sur pied par pâturage direct : elle s'est largement répandue ces dernières années. Elle limite la main-d'œuvre dans de larges proportions. Elle peut se pratiquer sur des choux repiqués, ou mieux encore, sur des choux semés. Ses avantages sont nombreux. Nous étudierons ultérieurement cette méthode.

G) Valeur alimentaire du chou fourrager

La valeur alimentaire du chou n'a pas toujours été bien connue. Il apporte aux animaux une quantité importante d'unités fourragères. Il contient en outre de grandes quantités de vitamines A, B, C et un faible taux d'arsenic dont les propriétés eutrophiques sont bien connues. Il apporte de plus du calcium, du phosphore, du soufre et des sels de potassium.

1. *Valeur alimentaire moyenne du chou* [17, 18]

matière sèche : 10-12 %;
protéines brutes : 2-2,5 %;
protéines digestibles : 1,9-2,0 %;
matières grasses : 0,5 %;
E.N.A. : 5,0-5,5 %;
cellulose brute : 1,0-1,5 %;
cendres : 1 %;
Ca/P : 3-4;
EP/UF : 110-180;
Ca : 250 (200-300) mg/100 g;
vitamine C : 36-64 mg/100 g;
UF : 1 UF/7 kg de fourrage vert.

En ce qui concerne le chou vert, les chiffres sont les suivants :

Cl.	0,05 %
S.	0,11 %
K.	0,27 %
Na.	0,01 %
Mg.	0,02 %
Fe.	12 mg/kg
Cu.	1,3 mg/kg
Zn.	15 mg/kg
P.	0,03 %
Ca.	0,06 %
Mn.	2,5 %
matières minérales totales.	0,9 %
vitamine A.	1 830 UI/kg
vitamine D_2.	0
vitamine E (α tocophérol)	0,6 mg/kg
vitamine K_1.	3 mg/kg

vitamine B_1	0,66 mg/kg
vitamine B_2	0,45 mg/kg
vitamine PP	2,8 mg/kg
acide folique	0,6 mg/kg
choline	2 500 mg/kg

2. *Les protéines du chou* [16]

Le chou est un aliment riche en matière azotée. Il en contient quatre fois plus que la betterave.

	MAD par kg	UF par kg
	—	—
chou	15 g	0,13
betterave	4 g	0,12

Le chou constitue donc un apport important de protéines digestibles pour les bovins. Ces protéines sont de bonne qualité. Cependant, comme nous le verrons ultérieurement, les besoins des bovins en protéines sont surtout quantitatifs. Ils peuvent se contenter d'azote sous forme d'urée. Pourtant, chez les vaches laitières donnant plus de 14 kg de lait par jour, il peut être utile de donner dans la ration des protéines équilibrées contenant la plupart des acides aminés. C'est pourquoi le chou représente une source importante de protéines. Il contient un grand nombre d'acides aminés et en particulier des acides aminés essentiels.

— *Acides aminés libres :*

On trouve dans le chou des acides aminés libres, des amides, des peptides, des protéines. Parmi les acides aminés libres se trouvent [8] :

la valine	3,5
l'histidine et l'arginine	3,4

la lysine	0,5
la phénylalanine, la leucine et l'isoleucine	2,4
la thréonine	2,6

Fractionnement de l'azote du chou au cours des extractions éthanoliques (80 %) et aqueuse

(M : moellier - CS : cavalier de la Sarthe) [8]

Echantillon		*Azote total % de la MS*	*Azote en % de l'azote total*		
			Ext. alcoolique AA + amides	Ext. aqueuse peptides	Résidu protéines
Limbe	M	4,3	20	9	71
	CS	4,0	24	9	67
Pétiole et nervures	M	1,9	43	10	47
	CS	2,4	53	10	37
Tige	M	2,9	50	7	43
	CS	3,7	43	13	44

en pourcentage de la somme des acides aminés libres et des amides (pour le cavalier de la Sarthe).

— *Protéines :*

L'azote contenu dans le chou fourrager se trouve pour 50 % environ sous forme de protéines. Ces protéines sont formées pour un grand nombre d'acides aminés parmi lesquels on trouve la plupart des acides aminés essentiels.

Acides aminés indispensables dans les protéines des feuilles de chou

(étude effectuée en décembre 1962 sur la variété proteor [4])

	ref. œuf entier	chou SE_1	chou R_3B	Moy.
	—	—	—	—
tyrosine	3,63	3,69	3,79	3,74
arginine	6,49	5,74	6,00	5,87
histidine	2,07	2,18	2,28	2,23
isoleucine	5,67	4,32	4,63	4,48
leucine	8,78	8,09	8,41	8,25
lysine	7,24	6,57	6,74	6,65
méthionine	3,85	1,60	1,74	1,67
phénylalanine	5,71	5,11	5,40	5,28
thréonine	5,29	4,36	4,56	4,46
valine	8,79	4,99	5,55	5,27
tryptophane	1,31	—	—	—

Conditions de l'expérience :

— culture SE_1 semis éclaircis à la même densité que repiquage, effectué le 1er juin,

R_3B repiquage le 21 juillet,

— prélèvement des échantillons le 16 décembre au niveau des feuilles vivantes dans le limbe. Les résultats ne correspondent pas obligatoirement à ceux susceptibles d'être obtenus avec les plantes entières.

Le chou contient de nombreux acides aminés, il constitue donc une source importante d'acides aminés essentiels et par conséquent un aliment de premier plan pour les vaches laitières, surtout en une saison où ces éléments, ainsi que les vitamines, leur font souvent défaut.

3. *Variations de la valeur fourragère du chou*

La valeur alimentaire du chou peut varier dans des proportions très importantes. De nombreux facteurs sont susceptibles de la modifier.

Ce sont : la variété,
l'époque des semis,
le mode de culture,
l'époque de la récolte,
le climat, le sol.

Voyons comment certains de ces facteurs peuvent intervenir.

— *La variété :*

Il existe des variétés plus ou moins productives. Le nombre d'unités fourragères par kilogramme de fourrage n'en est pas pour autant modifié. En effet, la valeur fourragère du chou est liée à sa teneur en matière sèche et non à sa productivité.

Exemple, sur 100 kg de fourrage frais [3] :

	UF	MAD/kg	MAD g/UF
Var. Marris Kestrel. (moellier)	6,60	1,78	270
Miljo (feuillu).....	6,03	1,88	311

Les variétés les moins productives en unités fourragères sont donc les plus productives en matière azotée digestible.

— *Epoque des semis :*

L'époque des semis joue un grand rôle dans la résistance au froid du chou fourrager et aussi dans sa valeur

fourragère. Cette variation est surtout sensible en ce qui concerne les semis denses ou éclaircis en place.

Exemple : variété Proteor (demi-moellier), récolte le 16 novembre [3] :

	UF/100 kg	MAD
	—	—
semis 13-15 avril...	12,50	98
semis 2-4 mai.....	11,53	106
semis 1er-8 juin....	10,36	135

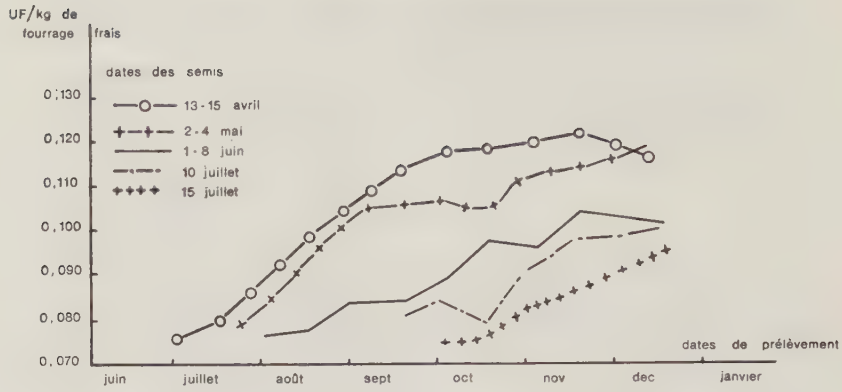
— *Mode de culture :*

Traditionnellement, le chou est semé puis repiqué; depuis quelques années, le semis dense en place tend de plus en plus à se développer. Là encore, la valeur fourragère est modifiée. Le nombre d'unités fourragères par 100 kg est augmenté, mais la matière azotée digestible est diminuée.

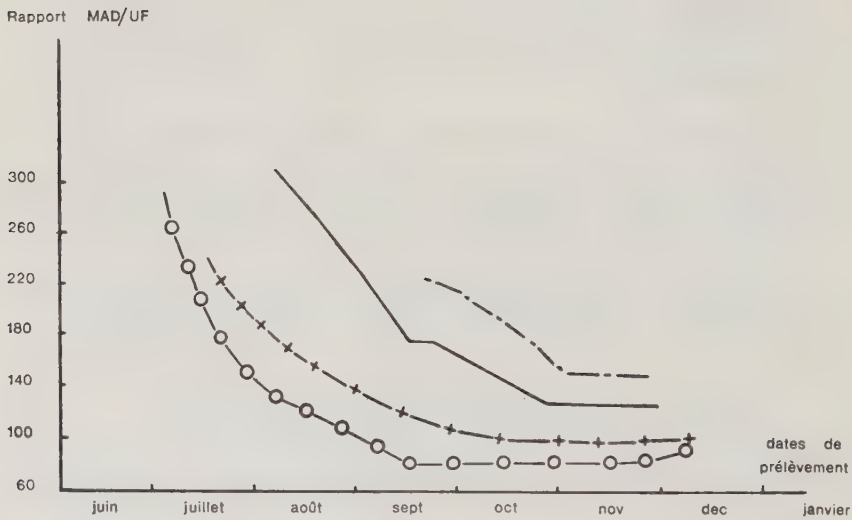
En effet, si le nombre d'unités fourragères tient essentiellement à la teneur en matière sèche, la quantité de matière azotée digestible est surtout influencée par la proportion de feuilles. Celle-ci diminue dans les cultures semées par rapport aux repiquées, ce qui entraîne une diminution de la MAD, donc de la valeur alimentaire.

Exemple : Marris Kestrel, Rennes, 1967 [3] :

	semis	repiqués
	—	—
UF/100 kg de fourrage frais....	7,71	6,60
MAD/kg en g.....	1,48	1,70
MAD/UF en g.....	193	278



Evolution de la valeur fourragère (UF) du chou fourrager (tige + feuille) en fonction de la date des semis.
(Variété Proteor, Station d'amélioration des plantes de Rennes, moyennes 1964 et 1965.)



Evolution de la valeur protéique (MAD/UF) du chou fourrager (tige + feuille) en fonction de la date des semis.
(Variété Proteor, Station d'amélioration des plantes de Rennes, moyennes 1964 et 1965.)

— *Epoque de la récolte :*

Exemple réalisé sur la variété Proteor [3] :

Récolte le.....	1/9	1/10	1/11	16/12
UF/100 kg de fourrage frais.....	10,41	12,15	12,75	12,05
MAD.....	1,29	0,94	0,99	0,98

On remarque qu'au cours de l'hiver la valeur fourragère tend à décroître au fur et à mesure que la saison s'avance.

D'autres facteurs de variation interviennent encore. Ce sont le climat, le sol, les maladies du chou et ses parasites. Tous ces facteurs concourent ensemble à modifier la valeur alimentaire du chou, mais il est difficile de savoir ce qui revient à l'un ou à l'autre de ceux-ci. Il est certain que des maladies telle que la pourriture bactérienne, les années humides, ou les maladies à virus font diminuer d'une façon considérable la valeur fourragère du chou.

En conclusion, si certaines de ces variations peuvent être tenues pour négligeables, d'autres ont une réelle importance, de telle sorte qu'il serait bon parfois d'en tenir compte dans l'établissement de la ration alimentaire des bovins.

H) Appétence

Un des grands intérêts du chou dans l'alimentation des bovins en hiver est son appétence. En effet, les bovins en sont très friands. Certains éleveurs donnent 40-50 kg de chou par animal et pensent qu'ils pourraient en donner plus encore sans que les bovins ne s'en lassent.

Il est rare de rencontrer des animaux qui refusent le chou. Bien souvent, des animaux difficiles, qui ne mangent rien à la suite d'une maladie, acceptent le chou et ont, de ce fait, une convalescence plus facile.

I) Importance de la vitamine A du chou

La vitamine A joue un grand rôle chez les animaux. C'est une vitamine de croissance, de protection épithéliale. Elle est surtout très importante chez les jeunes animaux où une carence en vitamine A peut provoquer un arrêt de la croissance et une diminution de la résistance aux infections et infestations. Chez les herbivores, les besoins en vitamine A sont principalement satisfaits grâce à la fourniture des provitamines correspondantes : carotène et cryptoxanthine, qui se trouvent en abondance dans tous les fourrages frais. La plupart des carences s'observent à la fin de l'hiver. En effet, pendant l'entreposage, les fourrages perdent une partie de leurs vitamines. Souvent les animaux souffrent d'une subcarence en vitamine A. Cet apport insuffisant, s'il survient pendant la gestation, peut compromettre gravement la vitalité des nouveau-nés. On voit donc l'intérêt que peut prendre la vitamine A du chou pendant l'hiver, et plus particulièrement à la fin de l'hiver.

J) Prix de revient

En 1962, le prix de revient de l'unité fourragère du chou était de 0,10-0,12 F, tandis que celui de la betterave (variété ordinaire) est de 0,12-0,16 F et celui de la betterave (variété danoise) 0,15-0,17 F.

Le chou est donc un fourrage relativement économique. De plus, il peut être fait en culture dérobée et permettre ainsi deux récoltes par an. Son prix de revient en est d'autant diminué.

Chapitre II

UTILISATION DU CHOU DANS L'ALIMENTATION DES BOVINS EN HIVER

A) Intérêt du chou fourrager

Le chou fourrager est un aliment saisonnier. Il entre dans l'alimentation des bovins entre le mois de septembre et le mois de mars, à une époque où la pousse de l'herbe est faible et où il n'existe pas d'autres fourrages frais. C'est ce qui lui confère tout son intérêt.

Sa production est abondante. Riche en protéines et en vitamines, il apporte aux animaux les éléments qui leur font défaut en cette saison.

B) Utilisation traditionnelle du chou

Dans toutes les régions de l'ouest de la France et en Angleterre, le chou constitue depuis longtemps la base de l'alimentation hivernale des bovins.

Son emploi est soumis à des règles traditionnelles. Depuis quelques années seulement, des changements sont intervenus avec l'utilisation du chou en pâturage.

En Loire-Atlantique, le chou fourrager contribue pour 1/3 à la ration alimentaire des bovins. Celle-ci est, en

général, constituée de foin, de 30 à 50 kg de chou par animal et d'un barbotage d'orge.

La plupart du temps, pour compenser l'apport important de protéines par le chou, les éleveurs donnent de la paille de blé aux animaux. Ceci permet parfois d'éviter les troubles qui sont relativement fréquents avec des quantités semblables de chou.

Le chou n'est distribué qu'aux bovins adultes, c'est-à-dire aux vaches laitières. Les jeunes bovins n'en reçoivent que très rarement, et le plus souvent en alternance avec une ration de betterave. Ce fait trouve son explication dans certains constituants du chou. Cependant, beaucoup d'éleveurs ont remarqué, sans en connaître la cause, que le chou ne « profitait » pas aux jeunes bovins, et préfèrent, de ce fait, ne pas en donner.

La ration de chou distribuée aux vaches est en général de 10 à 25 kg par animal, deux fois par jour. Les choux sont distribués entiers ou fendus au milieu. Les animaux reçoivent cet aliment au mois d'octobre et jusqu'à la fin de mars. Parfois, les années sèches, le chou sert à remplacer l'herbe qui vient à manquer dès le mois de septembre.

C) Rationnement des bovins

1. *Rappel de physiologie*

L'entretien de l'état dynamique des constituants de l'organisme est lié à un apport constant de matériaux et d'énergie libre: celle-ci provient de la dégradation des aliments essentiels. L'épuisement des réserves d'énergie entraîne une réduction exo-énergétique dans la cellule et finalement une altération du métabolisme cellulaire pouvant avoir pour conséquence la mort de l'organisme.

Chez les animaux, l'alimentation doit répondre à certaines normes quantitatives; elle doit assurer un apport calorique déterminé dont l'importance est fonction des productions de l'individu.

L'alimentation doit aussi répondre à des normes qualitatives, tant en ce qui concerne la nature des nutriments, qu'en ce qui concerne leurs rapports entre eux.

La rumination est la fonction qui marque la famille des ruminants. C'est un phénomène complexe, soumis à de nombreux phénomènes régulateurs. Cependant, on peut remarquer qu'une alimentation à base de fourrage vert hâte le début de la rumination et que le fourrage sec et grossier le retarde.

Pendant la digestion, les aliments sont soumis à des actions mécaniques et microbiennes dans les pré-estomacs, avant de subir la digestion enzymatique du tube digestif. Ces phénomènes ne sont possibles que si certaines conditions existent dans les pré-estomacs et, en particulier, la présence de micro-organismes qui vivent en symbiose avec l'animal. Ces phénomènes permettent la digestion de la cellulose, de l'hémicellose et de l'amidon. Ils assurent aussi la synthèse de la plupart des vitamines du groupe B, des acides aminés et des protéines. Il est acquis aujourd'hui, que dix des acides aminés indispensables sont aussi synthétisés; la méthionine et la cystéine pourraient l'être aussi (Gallup, 1952).

Les bovins n'ont qu'un besoin très relatif de ces substances, les ruminants vivant plus du produit de l'activité bactérienne que des aliments ingérés.

De plus, le type d'alimentation sec ou vert détermine d'amples fluctuations du nombre des micro-organismes du rumen. Pour Trecani (1949) et Curto (1955), la densité bactérienne est plus grande lorsque les animaux sont au pâturage que pendant la stabulation hivernale.

On peut donc penser qu'une alimentation à base de

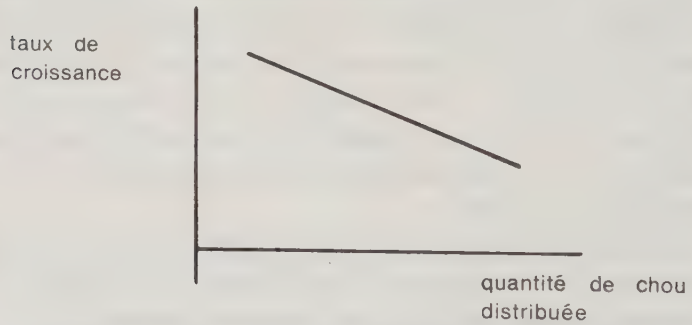
fourrage vert tel que le chou, en favorisant la rumination et la pullulation microbienne du rumen, favorise la digestion des bovins.

2. *Utilisation du chou par les jeunes bovins de boucherie*

Depuis quelques années, les bovins sont abattus de plus en plus jeunes. Ce sont, en général, des animaux de deux ans et demi à trois ans.

En effet, l'éleveur n'a pas intérêt à garder les animaux trop longtemps. Le gain de poids diminuant avec l'âge, l'animal devient de plus en plus onéreux. D'ailleurs le consommateur demande de la viande de plus en plus tendre, donc des animaux jeunes. Les animaux à l'engrais sont des animaux jeunes.

D'après les expériences de MATHIEU, au C.N.R.Z., le chou a une action très défavorable sur la croissance des jeunes bovins. Cependant, le problème n'a pas été approfondi.



Quelles en sont les causes ? La cause possible de cette action est la présence dans le chou de glucosides sulfurés (glucobrassicine et néoglucobrassicine) à action anti-thyroïdienne. Lors de l'ingestion de chou, ces anti-thyroïdiens sont libérés et agissent sur la thyroïde en freinant son action. Etant donné l'action de la thyroïde

sur le métabolisme, il n'est pas étonnant que le chou ait une action néfaste sur la croissance des jeunes bovidés.

De plus, le chou est pauvre en amidon; il n'est donc pas favorable à l'engraissement des animaux.

Le chou ne peut donc être utilisé pour l'élevage et l'engraissement des jeunes bovins. Il doit être réservé aux vaches laitières, chez lesquelles il exerce une action très favorable.

3. *Rationnement des vaches laitières, utilisation du chou*

Généralités :

Le rationnement des animaux domestiques doit répondre à plusieurs impératifs :

— d'abord économique : il doit permettre l'entretien des animaux pour un prix de revient minimum avec un rendement optimum; pour cela, il doit faire appel surtout aux produits de la ferme;

— ensuite pratique : il doit être facile à mettre en œuvre, les aliments doivent être appétents et faciles à distribuer;

— en outre, il doit répondre aux besoins physiologiques des animaux tout en facilitant leur digestion.

- Volume de la ration :

La ration, en matière sèche, ne doit pas contenir plus de 2 à 3 % du poids de l'animal. La cellulose ne doit pas rentrer pour plus de 20 % de la quantité totale de matière sèche et la paille pour plus de 1 %.

- Teneur en protéines :

Les protéines ne doivent pas être en trop grande quantité; en effet, d'une part elles sont chères, d'autre part, un excès retentit sur la digestion des autres aliments.

entraînant des fermentations intestinales; les organes d'excrétions tels que le rein et le foie sont alors surmenés et des troubles tels que des diarrhées et des mammites peuvent alors être observés.

De même, si la quantité de protéines est trop faible, les autres aliments sont mal digérés. Selon KELLNER, la quantité de protéines présente dans la ration doit répondre à certaines règles, c'est ce qu'on appelle la relation nutritive; chez les bovins, celle-ci peut s'écrire ainsi :

$$\frac{\text{protéines digestibles}}{\text{glucides dig.} + \text{lipides dig.} \times 2{,}25} = 1/8 \text{ à } 1/10.$$

Cette relation nutritive prend toute son importance en ce qui concerne le chou. En effet, comme nous l'avons vu, celui-ci contient une quantité importante de protéines; si la ration est mal équilibrée, des troubles peuvent apparaître, tels que météorisation, diarrhée, etc.

Besoins des vaches laitières :

La ration alimentaire des vaches laitières doit couvrir trois sortes de besoins : entretien, production, gestation. Ces besoins sont fonction du poids de l'animal, de la quantité de lait produite et de son taux de matières grasses, et du stade de la gestation.

- Entretien vache adulte [15] :

Poids de l'animal	500 kg	600 kg
Protéines totales (g)	500	567
Protéines digestibles (g)	300	340
Energie : TDN (kg)	345	395
ED (mcal)	15,2	17,4
EM (mcal)	12,5	14,3
Ca (g)	14	16
P (g)	14	16
Carotène (mg)	53	64
Vitamine A (U.I.)	21,2	25,6
Vitamine B (U.I.)	»	»

• Production [15] :

Besoins journaliers par kg de lait à ajouter aux besoins d'entretien

Matières grasses (%)	*Protéines* (g)	*Prot. dig.* (g)	TDN (kg)	ED (mcal)	EM (mcal)	Ca (g)	P (g)
vaches donnant plus de 35 kg lait/j :							
3,0	78	50	360	1,59	1,30	2,8	2,0
3,5	78	53	390	1,72	1,41	»	»
4,0	83	56	420	1,85	1,52	»	»
4,5	88	59	450	1,98	1,62	»	»
5,0	93	62	480	2,12	1,74	»	»
5,5	103	66	510	2,25	1,84	»	»
6,0	108	70	540	2,38	1,95	»	»
vaches donnant 20-35 kg lait/j :							
3,0	70	45	320	1,41	1,16	2,4	1,8
3,5	74	48	345	1,52	1,25	»	»
4,0	78	51	370	1,63	1,34	»	»
4,5	82	54	395	1,74	1,43	»	»
5,0	86	56	420	1,85	1,52	»	»
5,5	90	58	445	1,96	1,61	»	»
6,0	94	60	470	2,07	1,70	»	»
vaches donnant moins de 20 kg lait/j :							
3,0	62	40	280	1,25	1,01	2,2	1,6
3,5	66	43	305	1,34	1,10	»	»
4,0	70	46	330	1,46	1,20	»	»
4,5	74	48	355	1,57	1,29	»	»
5,0	78	50	380	1,68	1,38	»	»
5,5	82	53	405	1,79	1,47	»	»
6,0	86	56	430	1,90	1,56	»	»

• Gestation [24] :

Besoins en protéines assimilables (g/j)

Stade de la gestation	*Poids du nouveau-né* 30	35	40	45	50
5-6	10	12	13	13	15
7	30	35	40	40	45
8	70	85	95	95	110
9	175	200	230	230	260

Besoins en calcium, phosphore et magnésium

Stade de la gestation	Ca (g/j)	P (g/j)	Mg (g/j)
5-6	20	26	7,9
6-7	27	30	8,0
7-8	35	34	8,8
8-9	33	34	9,4

Besoins en vitamines des vaches laitières :

• Vitamine A :

Les besoins des vaches laitières sont en général couverts par la ration, surtout si celle-ci contient une proportion suffisante de bon foin. De plus, nous avons vu que le chou, riche en cette vitamine, suffisait à couvrir ce besoin.

D'après FRIESECKE :

CRITÈRE	BESOINS EN VIT. A en UI/j	en UI/kg de PV
	—	—
besoin minimal pour forte production	34 000	61
prévention des signes cliniques de carence	40 000	72
teneur élevée en vit. A de la MG du lait	165 000	300
teneur maximale en vit. A de la MG du lait	200 000	365

Chiffre calculé en se basant sur un poids vif de 550 kg

Besoins en vitamine A des bovins d'après les recommandations du NRC :

Bétail laitier	en UI/kg de PV
croissance normale génisse	42
vache entretien	42
reproduction (à ajouter pour l'entretien durant les 2-3 derniers mois 30 mg de carotène)	62
lactation pour atteindre une teneur optimale en vitamine A du lait	176

● Vitamine D :

Les besoins de la vache laitière sont largement pourvus si l'animal sort à l'extérieur, ou reçoit du fourrage séché au soleil. De plus, pendant l'été, la vache au pâturage constitue des stocks hépatiques suffisants pour couvrir ses besoins pendant six à huit mois.

Besoins des bovins en stabulation entravée :

En stabulation entravée, l'animal reçoit la totalité de ses aliments à l'étable. Il convient de distribuer plusieurs aliments permettant de couvrir tous les besoins des animaux tels que nous les avons définis.

Cependant, il est difficile de distribuer à chaque animal une ration correspondant à ses besoins particuliers. Il faut donc distribuer à tous les animaux une ration de base leur permettant de produire une certaine quantité de lait, soit, par exemple, 8 à 12 litres. A cette ration, on ajoutera un concentré permettant de couvrir les besoins entraînés par une production supérieure de lait.

● Ration de base :

Exemple d'une ration comportant une quantité moyenne de chou [16] :

	UF	MAD
	—	—
20 kg de chou	2,60	300 g
10 kg de bon foin	5,00	500 g
total de la ration de base	7,60	800 g
besoins pour l'entretien	4,50	300 g
reste pour la production laitière	3,10	500 g

soit 8 litres de lait.

Exemple avec une forte quantité de chou :

	UF	MAD
	—	—
35 kg de chou	4,55	525 g
10 kg de bon foin	5,00	500 g
total de la ration de base	9,55	1 025 g
besoins pour l'entretien	4,50	300 g
reste pour la production laitière	5,05	725 g

soit 12 litres de lait.

Cette ration apporte 13 à 14 kg de matières sèches, soit 2,250 kg de MS pour 100 kg de poids vif, ce qui permet une bonne utilisation des concentrés.

• Composition du concentré (cours magistral ENVT. 1968) :

On peut distribuer un concentré comprenant de 15 à 18 % de protéines brutes. Ce concentré sera distribué sur la base de 0,4 kg par litre de lait au-dessus de Q (quantité de lait choisie comme base).

Formule du concentré à 18 % de PB :

— avec tourteaux riches (arachide, soja, lin) :

céréales	76 %
tourteaux	20 %
phosphate bicalcique	3 %
sel de cuisine	1 %

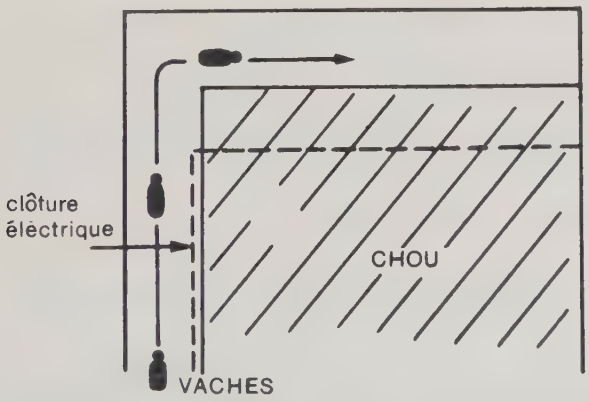
— avec tourteaux pauvres (copra, palmiste) :

céréales	61 %
tourteaux	35 %
phosphate bicalcique	3 %
sel de cuisine	1 %

Le chou fourrager en pâturage direct :

L'un des principaux obstacles à l'extension de la culture du chou a été et reste encore la difficulté de le récolter en hiver. Aussi, depuis quelques années, on assiste au développement de la culture du chou semé et à sa récolte par pâturage direct. Cette méthode diminue la main-d'œuvre et facilite la mécanisation; cependant, son prix de revient est plus élevé.

La qualité du chou ne diffère pas beaucoup en ce qui concerne la valeur en UF, mais sa richesse en protéines est généralement moins élevée du fait qu'il est moins feuillu. Les pertes par pâturage ne sont pas, en général, très élevées si quelques précautions sont prises.



Il suffit à chaque animal de 2 heures pour consommer 30 à 40 kg de chou. Pour éviter un piétinement trop important du sol par les animaux, il suffit de les faire

entrer par le fond du champ comme le montre le schéma ci-dessus. Une clôture électrique limite la zone de pâturage.

Un préjudice grave peut être causé à la structure du sol par le piétinement en terrain humide. Il se produit un malaxage sous le pied des animaux, ce qui entraîne des dégâts dans la partie profonde du sol. Ces dégâts n'apparaissent que pendant la végétation suivante. Pour éviter cela, il suffit de laisser le sol se reposer un peu et d'apporter une petite fumure de fumier de ferme. En général, après un labour léger, la structure du sol est rétablie.

Cette méthode donne toute satisfaction à la fin de l'été après une période de sécheresse et au début de l'hiver lorsque la pousse de l'herbe est ralentie. Elle fait du chou, dans toute exploitation d'élevage intensif, le complément logique de la prairie naturelle temporaire.

De plus, le fait de sortir les animaux dehors favorise la transformation de la provitamine D en vitamine D et permet ainsi de satisfaire les besoins des animaux en cette vitamine.

En deux heures, une vache peut absorber 30 à 40 kg de chou, il suffira donc de limiter la zone et la durée de pâturage de telle sorte que les animaux absorbent la quantité voulue de chou. On pourra alors distribuer des concentrés et des fourrages de la même façon qu'en stabulation entravée permanente.

4. *Influence du chou sur l'odeur du lait*

Le chou, comme la plupart des crucifères, contient certaines substances et, en particulier, l'essence d'allyl-sévénol qui peut passer rapidement dans la circulation sanguine, puis la mammelle et se fixer sur les matières grasses du lait. Ces substances donnent une odeur au lait,

et cela surtout au moment de la floraison; il est donc conseillé de ne distribuer les choux qu'après la traite ou au moins deux heures avant.

Le chou en tas fermente très vite. Il dégage alors une odeur de crucifères qui peut se communiquer au lait.

Il faut donc prendre certaines précautions si l'on veut éviter ces inconvénients :

— ne pas conserver les choux à l'étable,
— ne pas affourrager les animaux avant la traite, mais toujours après,
— ne pas conserver les choux plus de deux jours pour éviter la fermentation.

Le chou est depuis quelques années consommé directement par les animaux au pâturage, il ne transmet alors pas d'odeur au lait.

Ainsi, moyennant quelques précautions, qu'il est facile de mettre en œuvre, il est possible d'éviter ce défaut du chou tout en conservant toutes ses qualités.

Chapitre III

TROUBLES PROVOQUÉS PAR LE CHOU FOURRAGER CHEZ LES BOVINS

SUBSTANCES ANTINUTRITIVES CONTENUES DANS BRASSICA OLERACEA

A) Troubles provoqués par ingestion du chou fourrager

Durant tout l'hiver, les bovins de certaines régions reçoivent une quantité importante de chou fourrager. Si cet aliment a de nombreux avantages, il entraîne aussi parfois des troubles assez graves chez les animaux qui en reçoivent une trop grande quantité ou chez ceux qui ont une santé déjà déficiente.

On constate ainsi, dans l'exercice de la clientèle, de nombreuses indigestions par surcharge dues à une ingestion trop abondante de chou. En général, ces indigestions rétrocèdent facilement à la suite d'un traitement approprié.

Certaines indigestions gazeuses observées à la fin de l'été ne peuvent être rapportées qu'au chou. Elles surviennent surtout les années où les animaux ont peu d'herbe dans les pâturages. Ainsi, en 1969, au mois de

septembre, plusieurs cas ont été observés dans une clientèle de Loire-Atlantique. On peut penser que ces indigestions gazeuses sont dues à un mauvais rapport glucides/protides de la ration, celle-ci étant pauvre en cellulose et riche en azote. Ces indigestions sont généralement assez difficiles à combattre.

On a également observé des diarrhées dont l'origine ne peut être que le chou. Par sa teneur élevée en matières azotées et surtout en eau (85 à 90 %), le chou est laxatif. Il semble donc prudent de n'en distribuer que des rations inférieures à 30 kg et de le supprimer dès que les troubles apparaissent. Une faible quantité de paille et de foin distribuée en même temps que le chou évite cet accident.

Des intoxications sont aussi observées. ROSENBERGER, en 1942, signalait que l'administration de chou en grande quantité (40-50 kg) pouvait provoquer des troubles graves. Le plus souvent on constate une anémie associée à une hémoglobinurie. C'est ce motif qui entraîne d'ailleurs la venue du vétérinaire. Cette hémoglobinurie se manifeste après 8 à 10 jours d'une consommation intensive de chou. L'anémie est très marquée, le nombre des globules rouges peut tomber à 6 et même 2 millions. On remarque un amaigrissement prononcé, de l'incoordination motrice, la sécrétion lactée diminue.

Des cas mortels ont été signalés et rapportés à une insuffisance hépatique (COHRS).

Le traitement est relativement facile à mettre en œuvre dans les cas les plus bénins. Préventivement, il est conseillé de n'affourrager les choux moelliers qu'en faible quantité et en associant avec du foin et de la paille. ROSENBERGER conseille de ne jamais dépasser 10 à 15 kg chez les vaches en lactation.

En cas d'intoxication, il convient de retirer le chou de la consommation et d'administrer des ferrugineux, des laxatifs doux ainsi que des hépatoprotecteurs.

N.B. — Si les troubles surviennent au moment de la mise bas, le diagnostic différentiel doit être fait d'avec l'hémoglobinurie puerpérale de la vache, et dans tous les cas d'avec l'intoxication par les mercuriales, l'hémoglobinurie essentielle et la piroplasmose.

B) Substances antinutritives du chou

1. *Définition*

On entend par substances antinutritives naturelles « la totalité des substances formées dans les aliments naturels grâce au métabolisme normal de l'espèce d'où provient le produit et qui, par différents mécanismes (décomposition ou inactivation de certaines trophines, diminution de la qualité d'éléments ingérés, réduction de l'utilisation digestive ou métabolique du matériel nutritif, augmentation de la consommation ou des besoins nutritifs de l'organisme), ont des effets contraires à l'eutrophisité, c'est-à-dire déprime la nutrition » [10].

De telles substances se trouvent dans le chou fourrager. Elles sont de plusieurs natures. Nous verrons tout d'abord les moins importantes, puis celles qui par leur présence ont une réelle action sur la santé des animaux et parfois de l'homme :

— l'ascorbase,
— l'acide oxalique,
— les substances antithyroïdiennes.

2. *L'ascorbase ou oxydase ascorbique*

Szent-Gyorgy (1931) observa que la cuisson du chou prolongeait la durée de conservation de la vitamine C. Il admit que le chou contenait un enzyme qui accélère

l'oxydation de la vitamine C. Cet enzyme est appelé aujourd'hui « ascorbase » ou « ascorbique oxydase ». C'est un enzyme métallique de PM = 150 000 dont le coferment est le cuivre. Cet enzyme n'agit qu'en présence d'oxygène. On obtient des composés dépourvus d'action vitaminique tels que l'acide déhydroascorbique, puis l'acide dicétogulonique, enfin, de l'acide oxalique. Il faut que la plante soit fragmentée pour que l'ascorbase puisse entrer en action. Les plantes, riches en ascorbase, sont en général pauvres en vitamine C. On trouve cet enzyme dans le chou, les concombres, les épinards, etc. Après broyage, la perte en vitamine C est de 7 %, et après trois heures de 20 %.

Cependant, aucun trouble ne peut être rapporté à cette antivitamine du chou: il est consommé frais et les micro-organismes du rumen des bovins sont capables de synthétiser la vitamine C.

3. *L'acide oxalique*

Il se trouve en quantité réduite dans le chou (60 mg/100 g). C'est un diacide organique qui donne, avec le calcium, des sels insolubles qui s'éliminent par les reins et l'intestin. Ses cristaux peuvent entraîner des lésions, cependant, en ce qui concerne le chou, les quantités d'acide oxalique sont trop réduites pour entraîner de tels troubles.

On a pensé que la combinaison de l'acide oxalique avec l'ion calcium était de nature à diminuer le coefficient d'utilisation digestive de cet ion. Ce fait a été vérifié expérimentalement chez le rat nourri avec des épinards. Chez les bovins nourris avec du chou, cela ne peut être envisagé. Le chou contient trop peu d'acide oxalique et, de plus, les ruminants possèdent dans leurs pré-estomacs

des micro-organismes capables de détruire partiellement l'oxalate de calcium.

L'action de l'acide oxalique du chou peut donc être considérée comme nulle chez les bovins.

4. *Les antithyroïdiens du chou*

— *La thyroïde :*

Elle joue un rôle important dans la croissance, le développement et la régulation du métabolisme. Elle a une structure lobulée. Elle est formée de nombreuses vésicules limitées par un épithélium simple. Sous l'action de la thyréo-stimuline, les cellules épithéliales sécrètent une hormone qui est stockée dans les vésicules sous forme de thyréo-globuline.

Les cellules de l'épithélium vésiculaire puisent les iodures inorganiques dans le sang, les oxydent en iode. Celui-ci sert alors à l'ioduration de tyrosine en mono-iodo-tyrosine et di-iodo-tyrosine qui vont servir à la synthèse de la thyroxine et de la tri-iodo-thyronine. La synthèse de ces corps peut être influencée par la présence de thyréo-statiques que l'on trouve dans certains aliments dont le chou.

— *Découverte des antithyroïdiens :*

Elle eut lieu d'une façon fortuite. En étudiant la syphilis expérimentale du lapin, nourri presque exclusivement de chou, Chesney, Clawson et Webster ont constaté la présence d'un goitre chez un grand nombre des animaux. Le poids de la thyroïde de ces animaux était multiplié par deux ou trois, voire même beaucoup plus. Ce trouble n'avait jamais été constaté chez le lapin. La structure de la thyroïde de ces lapins était modifiée. On observait une hypertrophie des follicules et une

hyperplasie de la glande sans accumulation de colloïdes. La teneur en iode de la ration était pourtant suffisante. Les auteurs ont donc conclu que la maladie était due à la consommation de chou.

L'étude des aliments goitrigènes a donc été entreprise. Au début, on mesurait l'activité des aliments étudiés en pesant la thyroïde des animaux soumis à cet aliment. L'apparition de l'iode 131 en 1947 a permis une étude plus précise des antithyroïdiens et de leur mode d'action. On a ainsi pu montrer que les antithyroïdiens existaient dans la plupart des crucifères et aussi dans certaines légumineuses. De plus, ces produits se trouvent dans toutes les parties des plantes : feuilles, tronc, tubercules, racines et tiges.

— *Le goitre déterminé par le chou ou « struma ciberia » :*

Il est déterminé par les parties végétatives de diverses plantes de la famille des crucifères, utilisées dans l'alimentation de l'homme et des animaux domestiques. Il a été observé dans de nombreuses espèces animales et en particulier chez les bovins et les ovins, dans la ration desquels il y a une grande quantité de brassicacées.

Expérimentalement, bien que la ration d'iode soit suffisante, au bout de 15 à 30 jours de régime au chou, on observe que le poids de la thyroïde est de trois à huit fois plus élevé que chez les animaux témoins. L'action du produit varie en fonction de la région, de la fréquence et de l'intensité des pluies, ainsi que d'une saison à l'autre. Les choux d'automne et d'hiver ainsi que ceux qui ont disposé de beaucoup d'eau sont les plus actifs. L'accroissement d'iodure dans la ration a empêché l'apparition du goitre.

La glande des bovins et ovins nourris avec des choux a été significativement plus volumineuse et plus pauvre en iode que celle d'animaux nourris avec d'autres fourrages. La présence de goitre a été observée chez les veaux et agneaux nés de ces animaux.

L'alimentation de brebis avec *Brassica oleracea acephala* pendant les deux derniers mois de la gestation a entraîné l'hypertrophie de la thyroïde des agneaux. La glande était de trois à dix fois plus volumineuse que la normale. La mortalité néo-natale a été accrue jusqu'à 78 %, pourtant les brebis ne présentaient aucun des signes cliniques de la maladie. Cette différence s'explique du fait qu'au cours des derniers mois de la gestation, la captation d'iode par le fœtus est quatre à cinq fois plus importante que chez la mère.

L'administration *per os* d'iodure aux brebis évite ces accidents.

— *Métabolisme de l'iode :*

Dans le cas de goitres causés par le chou, le fait caractéristique est la dépression de la capacité de la thyroïde d'incorporer l'iode. Dans le goitre expérimental, comme dans celui observé chez les animaux de la ferme, la thyroïde est très pauvre en iode. On note aussi une baisse de l'iodémie liée aux protéines. Une augmentation de l'apport d'iode rétablit l'efficacité fonctionnelle de la thyroïde. Le goitre rétrocède.

Remarque : Un autre type de goitre peut être observé. Il est dû aux graines de brassicacées. Il se caractérise par sa résistance à l'iodothérapie, mais cède à l'administration de thyroxine.

— *Nature et mode d'action des substances anti-thyroïdiennes :*

Depuis longtemps, on savait que le chou était riche en

glucosides sulfurés (isosulfocyanates). La constatation du goitre faite chez des personnes traitées au thiocyanate (SCNK) entraîna les premières suspicions. Des recherches furent entreprises à ce sujet. Elles montrèrent que les plantes goitrigènes contenaient non seulement des thiocyanates, mais encore d'autres substances thyréostatiques.

• Les thiocyanates (N=C—S—R) et isothiocyanates (R—N=C=S) :

Expérimentalement, l'administration de brassicacées riches en glucosides cyanogénétiques à diverses espèces d'animaux provoque une augmentation de la teneur en thiocyanate du sérum sanguin de ces animaux. En outre, l'administration *per os* d'allyl-isocyanate à des rats déprime l'incorporation d'iode 131 dans la thyroïde. Il est donc bien démontré qu'un des principes goitrigènes du chou est un thiocyanate.

Il existe deux origines possibles des thiocyanates dans le sérum des animaux. Ils peuvent provenir soit de la sulfoconjugaison de composés cyaniques qui pénètrent dans le corps, soit de son ingestion à l'état préformé. Les plantes goitrigènes sont riches en glucosides cyanogénétiques et en soufre bivalent. Elles peuvent donc contribuer directement ou indirectement à l'augmentation de la thiocyanatémie.

On a obtenu à partir des feuilles et des graines de brassicacées des glucosides sous forme cristalline. On a trouvé ainsi la glucobrassicine, la néoglucobrassicine, la glucoïbérine, la sinigrine, etc. Ces composés, sous l'influence du complexe enzymatique nommé « mirosinase », libèrent les composés cyaniques thio et isothiocyanate. Le fait que l'administration de brassicacées augmente la teneur en thiocyanate du sérum sanguin, que cet élément disparaît avec la suppression des éléments

goitrigènes, le fait qu'une alimentation contenant la même proportion de légumes n'ait pas provoqué cette augmentation, montrent que la source principale de ces substances est le thiocyanate préformé existant dans la nourriture.

Le thiocyanate a un pouvoir ionique identique à l'iode. Il peut donc le déplacer ou se substituer à lui. Des essais ont été réalisés. Ils montrent que le thiocyanate empêche l'accumulation de l'iode dans la thyroïde.

L'alimentation avec des produits riches en glucosides sulfurés a aussi provoqué l'accroissement du poids de la thyroïde tout en réduisant sa teneur en iode ainsi que l'iodémie liée aux protéines.

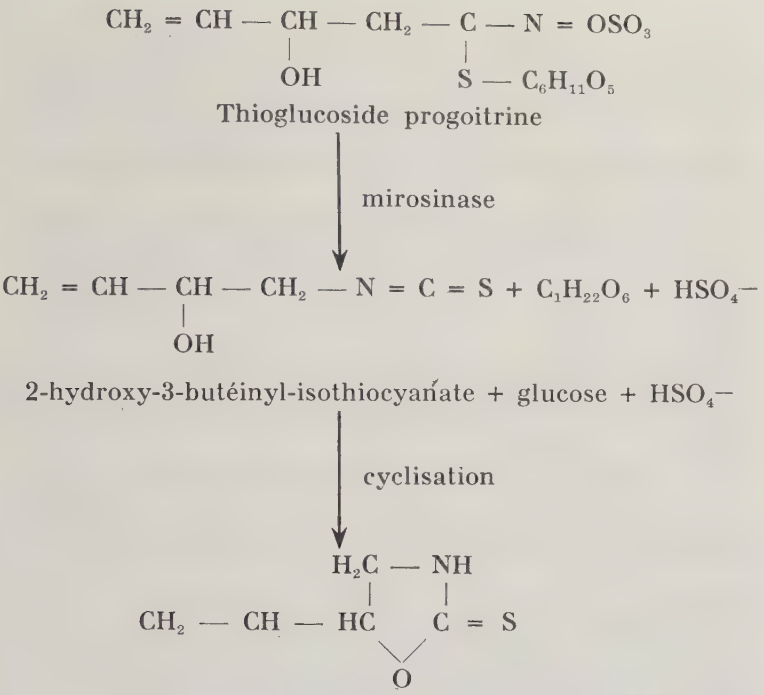
● La progoitrine et la goitrine :

On trouve dans le chou des substances qui ont des effets semblables à ceux des thiocyanates, mais dont le mode d'action est différent. On a ainsi trouvé la goitrine.

Atswood, Greer et Ettlinger (1949) avaient constaté sur l'homme que le rutabaga (*Brassica oleracea rapifera*) présentait l'action la plus puissante du point de vue de l'incorporation du radio-iode. Au cours de leurs expériences, ils réussirent à isoler le principe actif de cette plante. Cette substance présente la réaction des composés thionamidiques. Il s'agit du 15-vinyl-2-thio-oxazolidone. Cette substance fut dénommée goitrine.

Elle est 33 fois plus puissante que l'antithyroïdien le plus actif connu à cette époque.

Elle ne se trouve pas à l'état libre dans la plante. On la trouve sous forme de glucorapiphérine qui libère la goitrine sous l'action d'une thioglucosidase du complexe enzymatique mirosidase. Ce complexe est libéré lors du hachage et de la macération des produits végétaux.



Si on détruit le complexe mirosinase par la cuisson, l'effet des antithyroïdiens est aussi intense; l'hydrolyse de la progoitrine se fait alors dans l'organisme.

Le chou fourrager contient une quantité assez limitée de thio-oxazolidone (3 à 9 µg/ml de suc de la partie verte). Sa consommation par les animaux est très importante, il pourrait donc en résulter des troubles endocriniens.

Le rutabaga est aussi un crucifère qui rentre dans l'alimentation des animaux, mais son usage est très restreint.

A la différence des thiocyanates, ces substances n'ont pas d'action sur l'accumulation de l'iode dans la thyroïde, mais ils agissent sur la synthèse de la thyroxine. Leur

action est semblable à celle de la thiourée ou du thiouracile. L'iodothérapie est dans ce cas sans effet. Seules la thyroxine et l'extrait thyroïdien ont une action.

• Possibilité de réduire le taux des antithyroïdiens :

Sediak, Langer et Michaflouskij indiquent qu'on peut réduire la teneur des plantes en ces principes en excluant les engrais riches en SO_4 et NO_3 pendant la période de culture.

De plus, il est possible d'accroître jusqu'à dix fois le contenu du chou en iode par l'apport d'engrais riches en iodure et iodate.

En conclusion, la présence de substances à action antithyroïdienne dans la famille des crucifères est bien démontrée. Il en existe d'autres que celles dont nous avons parlé. Leur étude a été beaucoup plus succinte. L'action de ces substances a été mise en évidence aussi bien sur des animaux de laboratoire que sur les animaux de la ferme. Leur action sur la mortalité des veaux a été démontrée par certains auteurs. Cependant, dans l'exercice de la clientèle, nous n'avons, ainsi que plusieurs confrères, jamais rencontré de goitre. Toutefois, le fait que cette affection n'entraîne pas de signes cliniques bien marqués peut la faire passer inaperçue pour la plupart des praticiens.

Le rôle des antithyroïdiens dans l'apparition du goitre doit être considéré dans ses relations avec l'apport d'iode. La présence d'antithyroïdiens dans le régime en déprimant l'utilisation de l'iode pour la biosynthèse de l'hormone thyroïdienne accroît les besoins de l'organisme en ces éléments. Il peut donc rendre inadéquat un apport suffisant.

Les troubles provoqués par les antithyroïdiens naturels apparaissent donc comme la conséquence d'une carence secondaire ou relative en iode.

— *Passage des antithyroïdiens dans le lait :*

Les antithyroïdiens pourraient passer dans le lait des animaux soumis à une alimentation comportant une proportion importante de chou. Ils pourraient ainsi avoir une influence sur l'apparition du goitre chez l'homme. La possibilité du transfert des substances antithyroïdiennes des plantes au lait a fait l'objet de nombreuses études ces cinq ou six dernières années.

Les premières recherches effectuées à Sydney par CLEMENTS et WISHART montrèrent que l'ingestion d'une grande quantité de lait provenant d'animaux nourris de brassicacées déprimait la captation du radio-iode dans des proportions plus grandes que le lait d'animaux nourris avec du foin.

Des recherches ultérieures montrèrent qu'il n'en est rien.

De fait, l'élimination de thiocyanate dans le lait de vaches nourries avec des choux est très réduite. Il faudrait de grandes quantités de choux dans l'alimentation des vaches laitières pour que la quantité de thiocyanate éliminé ait un effet sensible. Même lorsque le lait provient d'animaux recevant une ration très importante de chou, son contenu en antithyroïdiens naturels connus est si faible que l'homme devrait en consommer au moins 10 à 15 litres par jour pour ingérer une quantité minimum de thyréostatiques capable de modifier le métabolisme de l'iode et la synthèse de la thyroxine.

CONCLUSION

Le chou est un aliment d'un grand intérêt surtout à la fin de l'été et au début de l'hiver. Son prix de revient, sa valeur fourragère et son rendement en font l'un des fourrages verts les plus intéressant dans une période de l'année où l'herbe fait défaut.

Les troubles qu'il est susceptible de produire sont peu fréquents et en général bénins, surtout si quelques précautions sont prises.

La présence d'antithyroïdiens n'entraîne pas de troubles suffisants pour en empêcher l'utilisation.

Vu :
Le Professeur de l'Ecole Vétérinaire
rapporteur,
L. FALIU.

Vu :
Le Directeur de l'Ecole Vétérinaire
R. FLORIO.

Vu :
Le Président de la Thèse,
ROUX.

Vu :
Le Président de l'Université
Paul-Sabatier,
L. LARENG.

Vu et permis d'imprimer :
Toulouse, le 5 février 1971

Le Recteur,
Président du Conseil de l'Université
C. CHALIN.

BIBLIOGRAPHIE

[1] Clegg (F.G.). — Caution with rale and rape. *Agriculture*, 1963, *70*, 10, 471-473.

[2] Derivaux (J.) et Liégeois (F.). — Toxicologie vétérinaire, 1962.

[3] Du Créhu (G.). — Compte rendu de la Station d'amélioration des plantes de Rennes, 1967.

[4] Du Créhu (G.). — Etude sur l'évolution des rendements et de la valeur fourragère du chou fourrager, variété proteor, Station d'amélioration des plantes de Rennes (communication personnelle).

[5] Du Créhu (G.). — Le chou fourrager, pâture d'hiver. Compte rendu de la Journée d'information fourragère de Loudéac, 1960.

[6] Du Créhu (G.). — La biologie florale du chou fourrager, ses conséquences pour la sélection. *Ann. Amélior. Plantes*, 1964, *14* (1), 5-37.

[7] Du Créhu (G.). — La résistance au froid du chou fourrager. *La Potasse*, 1965, 321.

[8] Fauconneau (G.). — C.N.R.Z. (communication personnelle).

[9] Ferrando (R.). — Les bases de l'alimentation, 1964.

[10] Gontzea (I.), Ferrando (R.) et Sutzesco (P.). — Substances antinutritives naturelles des aliments, 1968.

[11] Gourvil (A.). — Influence du chou fourrager sur le métabolisme de la vitamine A. *Thèse*, Alfort, 1969.

[12] Josefsson (E.). — Observation of the variation in content of rhodanidogenic glucosides in some Brassica foddercrops. *Qualit. Plant. Materiae Veg.*, 1966, *13*, 1/4, 190-196.

[13] Kolb (E.). — Physiologie des animaux domestiques, 1965.

[14] « Maît' Jacques », 1963, 953. Le chou fourrager.

[15] National Academy of Sciences, Nutrient requirements of dairy cattle. National Research Council, publication n° 1349.

[16] Parneix (P.). — Le chou fourrager, extrait du « Cours agricole et rural », 1963, 10.

[17] Perruchon (J.), Ricard (R.) et Triaca (H.). — Table internationale de composition chimique des aliments, 1957, p. 34, 35 et 59.

[18] Piccioni. — Dictionnaire des aliments pour les animaux.

[19] Pontois (M.). — Contribution à l'étude des intoxications végétales chez les animaux domestiques en France, 1954.

[20] Sediak (J.), Langer (P.) et Michajlovskij (N.). — Bratislava tekarte listy, 1966, *46*, 9-16.

[21] Seren (E.). — Diagnostic et traitement des affections des estomacs des bovins, 1962, tome I.

[22] Van Etten (C.H.). — Toxic constituents of plant foodstuffs, 1969.

[23] Voisin (A.). — Sol, herbe, cancer, 1959.

[24] International Encyclopedia of food and animals, vol. 17 : Nutrition of animals of agricultural importance, part 2.

TABLE DES MATIÈRES

Introduction 9

CHAPITRE PREMIER

LE CHOU - SA VALEUR ALIMENTAIRE

A. Définition 11
B. Importance 11
C. Différentes variétés de chou fourrager 12
D. Exigences 13
E. Productivité 13
F. Méthodes de récolte 14
G. Valeur alimentaire du chou fourrager 15
1) Valeur alimentaire moyenne du chou 16
2) Les protéines du chou 17
3) Variations de la valeur fourragère du chou 20
H. Appétence 23
I. Importance de la vitamine A du chou 24
J. Prix de revient 24

CHAPITRE II

UTILISATION DU CHOU DANS L'ALIMENTATION DES BOVINS EN HIVER

A. Intérêt du chou fourrager 25
B. Utilisation traditionnelle du chou 25
C. Rationnement des bovins 26
1) Rappel de physiologie 26
2) Utilisation du chou par les jeunes bovins 28
3) Rationnement des vaches laitières 29
4) Influence du chou sur l'odeur du lait 36

CHAPITRE III

TROUBLES PROVOQUES PAR LE CHOU FOURRAGER

SUBSTANCES ANTINUTRITIVES CONTENUES DANS « BRASSICA OLERACEA »

A. Troubles provoqués par ingestion du chou fourrager 38
B. Substances antinutritives du chou 40
1) Définition 40
2) L'ascorbase ou oxydase ascorbique 40
3) L'acide oxalique 41
4) Les antithyroïdiens du chou 42
Conclusion 51
Bibliographie 53

Imp. Toulousaine (Vve LION), 16, rue Lakanal. — TOULOUSE.
Dépôt légal 2e trim. 71, Aa 611